

Авторефер,
ТЗ

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ТЕЛЬНЫХ Элеонора Яковлевна

УДК 664.8.036.62:664.863

Переучет 1983

ИЗЫСКАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕПРЕРЫВНОЙ ПАСТЕРИЗАЦИИ
И ОХЛАЖДЕНИЯ ПЛОДОВЫХ СОКОВ В СТЕКЛЯННОЙ ТАРЕ

Специальность 05.18.13 - технология консервированных
пищевых продуктов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1983

СВ

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор
Б.Л. ФЛАУМЕНБАУМ

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
старший научный сотрудник
В.И. РОГАЧЕВ

- кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Ф.И. КОГАН

ОНАХТ 15.05.12
Изыскание параметров



v014333

Ведущее предприятие - Одесский опытный ордена "Знак Почета" консервный завод имени В.И.Ленина.

Защита состоится "2" июня 1983г. в 10³⁰ часов
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одес-
ском технологическом институте пищевой промышленности имени
М.В.Ломоносова, 270039, г.Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности имени
М.В.Ломоносова.

Автореферат разослан "29" апреля 1983г.

Ученый секретарь
специализированного совета
"И.И., доцент

af
А.Ф.ЗАГИБАЛОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Принятая на Майском (1982г.) Плену-
ме ЦК КПСС Продовольственная программа СССР направлена на улуч-
шение снабжения населения продуктами питания на базе ускорения
научно-технического прогресса и высокоэффективного использова-
ния производственного потенциала всех звеньев агропромышленно-
го комплекса.

Эффективным способом решения этой проблемы при переработке
сельскохозяйственного сырья является разработка и внедрение
непрерывных технологических процессов и аппаратов.

Интенсификация основного технологического процесса консерв-
ного производства - стерилизации - достигается путем замены
периодически действующих автоклавов на непрерывнодействующие
пастеризаторы. Одновременно ликвидируется тяжелый ручной труд
и снижаются расходы пара и воды, экономятся производственная
площадь, сырье и материалы и гарантируется идентичность тепло-
вой обработки всей партии консервов.

Цель и задачи исследования. Настоящая работа направлена
на перевод процесса пастеризации в автоклавах на непрерывный
поток путем внедрения непрерывнодействующих пастеризаторов при
производстве плодовых соков в стеклянной таре.

В соответствии с этим в работе было намечено решить сле-
дующие задачи:

- разработать метод расчета режимов непрерывной пастериза-
ции различных плодовых соков в потоке нагретого воздуха;
- установить показатели термической прочности стеклянной
тары, на основе которых разработать метод расчета режимов ох-
лаждения;
- изыскать параметры непрерывной пастеризации плодовых со-

v014333
Одесский технологический
институт пищевой промыш-
ленности им. М.В.Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

ков в стеклянной таре применительно к выдержке в потоке нагретого воздуха с последующим ступенчатым охлаждением;

- разработать технические требования на проектирование и внедрить в производство непрерывнодействующий пастеризатор - охладитель.

Научная новизна работы заключается в разработке методов расчета параметров непрерывной пастеризации и охлаждения различных плодовых соков в стеклянной таре, применительно к выдержке в потоке нагретого воздуха с последующим ступенчатым охлаждением. Выявлены показатели термической прочности стеклянной тары, на основании которых произведена оценка различных способов охлаждения. Получена математическая модель процесса комбинированного 3-х ступенчатого охлаждения и установлены параметры непрерывной пастеризации и охлаждения различных плодовых соков в стеклянной таре.

Практическая ценность работы заключается в разработке режимов пастеризации и охлаждения применительно к аппаратам туннельного типа. На основании технического задания конструкторами совместно с инженерно-техническими работниками промышленности созданы, установлены в технологических линиях и внедрены в производство на 2-х консервных заводах опытные образцы непрерывнодействующих пастеризаторов.

Апробация работ. Основные положения работы докладывались на Всесоюзной межвузовской конференции по термическим методам обработки при консервировании пищевых продуктов (Одесса, 1969г.), на двух Всесоюзных научно-технических конференциях по вопросам теории и практики стерилизации и пастеризации пищевых продуктов (Одесса, 1975г. и Махачкала, 1981г.), на Всесоюзном семинаре "Состояние и перспективы внедрения аппаратов непрерывного действия для стерилизации и пастеризации консервов на пред-

приятиях консервной промышленности" (Тирасполь, 1979г.) на Республиканском семинаре "Опыт работы объединений по увеличению производства консервов и пути повышения качества продукции в II пятилетке" (Луцк, 1981г.) и на отчетных конференциях ОТИПП имени М.В.Ломоносова.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части (5 глав), выводов и приложений. Работа содержит 260 стр. машинописного текста, 46 рисунков и 28 таблиц.

Объекты и методы исследований. В процессе исследований изучалось теплопроникновение плодовых соков (виноградный, вишневый и яблочный натуральные; вишневый, сливовый и абрикосовый с мякотью и сахаром и томатный) в стеклянной таре вместимостью 3, 2, 1 и 0,2 л.

Температурные напряжения, образующиеся на наружной поверхности стеклянной тары, исследовали расчетно-экспериментальным методом, в основу которого положены уравнения теории теплопроводности тонкостенных упругих оболочек. Экспериментальным путем определяли температурные перепады по толщине стенки стеклянной тары при охлаждении.

При установлении показателя термической прочности стеклянной тары изучали влияние температурного напора ΔT_i и расхода охлаждающей воды U_j на образующийся по толщине стенки перепад температур. Проводился двухфакторный эксперимент с фиксированием уровней: ΔT_i - 55, 45, 35, 25°C и U_j - 0 (погружение); 0,021; 0,042; 0,062; 0,083 кг/с. Результаты обрабатывали методами дисперсного анализа.

При поиске оптимальных условий комбинированного 3-х ступенчатого охлаждения для получения математической модели процесса использовали планирование эксперимента по методу Бокса-Уилсона.

Варьирование факторов осуществляли на 2-х уровнях: на I ступени - температура (85 и 65°C) и плотность орошения (0,21 и 0,07 кг/м.с); на II ступени - скорость воздушного потока (2,0 и 0,6 м/с); на III ступени - плотность орошения холодной водой (0,21 и 0,07 кг/м.с).

Производственные испытания разработанных режимов непрерывной пастеризации проводили на созданных в творческом содружестве с конструкторами и инженерно-техническими работниками промышленности непрерывнодействующих пастеризаторах, установленных на консервных заводах в с. Красный Яр Астраханской области и г. Исфаре Таджикской ССР.

Показатели химического состава консервов определяли по ГОСТ 8756.0-70 - 8756.27-70.

На защиту выносятся:

- результаты исследований по разработке методов расчета режимов пастеризации и охлаждения различных плодовых соков в стеклянной таре;

- математическая модель процесса комбинированного трехступенчатого охлаждения, позволяющая решать задачи нахождения параметров, исключающих термический бой стеклянной тары;

- результаты разработки параметров непрерывной пастеризации плодовых соков в стеклянной таре применительно к выдержке в потоке нагретого воздуха с последующим ступенчатым охлаждением и их испытаний в производственных условиях.

Основные результаты исследования

Исследование различных способов охлаждения. Изучались такие виды охлаждения как самопроизвольное, в воздушном потоке, с применением вибрации и ступенчатое.

При исследовании самопроизвольного охлаждения установлено,

что время охлаждения до 60°C после выдержки при температуре фасовки составляет 3 часа, а в условиях производства при хранении на складе оно увеличивается до 16 - 20 часов.

Изучение охлаждения соков с мякотью в воздушном потоке проводили при изменении скорости воздуха от 0 до 10 м/с и температуры от 0 до 25°C. Исследования показали, что скорость воздушного потока при $t = 25^\circ\text{C}$ сокращает время охлаждения с 3-х часов до 30 мин, а понижение температуры потока с 25°C до 10°C при $w = \text{м/с}$ вызывает сокращение с 60 до 30 мин. Дальнейшее увеличение скорости воздушного потока выше 6 м/с и понижение его температуры ниже 10°C нецелесообразно, поскольку не приводит к значительному сокращению времени охлаждения, в то же время может вызвать термический бой тары.

Попытка интенсифицировать процесс путем применения нескольких видов вибрации не дала положительного результата.

Из ступенчатых способов охлаждения изучали погружное водяное по режиму $\frac{5}{60^\circ\text{C}} \cdot \frac{5}{40^\circ\text{C}} \cdot \frac{20}{20^\circ\text{C}}$ и комбинированное, сочетающее 20-ти минутную обдувку воздухом с 10-ти минутным орошением холодной водой. Увеличение интенсивности теплообмена на поверхности тары путем замены погружения банок орошением их водой при той же температуре 60°C вызвало термический бой тары. Установлено, что при охлаждении погружением или комбинированном время охлаждения продукта до 60°C (имеется в виду соки с мякотью) сокращается до 27-28 мин. Отмечено также, что резкое изменение температуры продукта наблюдается на стадии охлаждения холодной водой. Интенсификация процесса может быть достигнута за счет сокращения времени на ступенях, предшествующих охлаждению холодной водой, с учетом термической прочности тары и интенсивности теплообмена на поверхности банок.

Установление показателей термической прочности стеклянной

тары. Определяющим параметром стекла, характеризующим его прочность при тепловом воздействии, принято считать термостойкость, которая определяется как разность температур, которую выдерживает изделие, не разрушаясь ($T_0 - T_c$). О влиянии состояния охлаждающей среды на термостойкость тары отмечается в работах Гоффмана и Зиде, Хвингии, Черниковой. Поэтому в качестве критерия, более полно характеризующего термическую прочность стеклянной тары, был выбран температурный перепад по толщине стенки Δt , определяемый как разность температур внутренней t_b и наружной t_n стенок тары ($t_b - t_n$). В результате влияние температурного напора $\Delta T = T_0 - T_c$, различных теплоносителей и способов их подачи, а также размеров тары и толщины ее стенок отражается в комплексе.

Влияние температурного напора ΔT и расхода охлаждающей воды U на наибольший по времени перепад температур по толщине стенки Δt исследовали на примере тары I-82-3000. Обработка результатов двухфакторного эксперимента методами дисперсионного анализа с доверительной вероятностью 0,99 подтвердила достоверность полученных данных, правильность выбранных факторов и долю влияния каждого из них. Как и следовало ожидать, предложенный показатель термической прочности стекла в большей мере зависит от температурного напора (76%), чем от расхода охлаждающей воды, на долю которого приходится 20,7%. Поэтому последний фактор также необходимо учитывать при разработке параметров охлаждения.

На основании экспериментальных данных получена простая зависимость, применимая как для случаев охлаждения орошением, так и при погружении в воду.

$$t_b - t_n = 0,48 (T_0 - T_c) \sqrt{1 - \frac{U^2}{0,012}} \quad (1)$$

При охлаждении погружением $U = 0$ и выражение (3) принимает

$$\text{простой вид } t_b - t_n = 0,48 (T_0 - T_c) \quad (2)$$

При охлаждении стеклянной тары снаружи под действием разности температур по толщине стенки в стекле образуются напряжения. В наружном слое возникают напряжения растяжения, а во внутреннем - сжатия. Если растягивающие усилия превзойдут предел прочности стекла при растяжении, изделие разрушается.

Известно, что предел прочности тарного стекла при растяжении колеблется от 35 до 85 МПа. Наличие в поверхностном слое изделия микротрещин и царапин, а также агрессивное воздействие воды способны значительно снизить предел прочности при растяжении.

Исследованиями установлено, что разрушения стеклянной тары типа I-82-3000 вызывают температурные перепады по толщине стенки порядка $27 \pm 1,2^\circ\text{C}$. Образующиеся при этом напряжения растяжения могут быть подсчитаны по формуле Н.Н.Лебедева:

$$\sigma_x = - \frac{E \alpha_t}{1 - \mu} \cdot (t_n - t_b) \cdot \left(1 - \frac{h}{3\rho}\right) \quad (3)$$

где величины: E - модуль упругости, μ - коэффициент Пуассона, α_t - коэффициент термического расширения стекла, h - толщина стенки тары, ρ - средний радиус тары. Рассчитанные по этой формуле значения σ_x составляют $19,6 \pm 1,4$ МПа. С учетом 1,5 запаса прочности принимаем показатели термической прочности стеклянной тары $\sigma_p = 13$ МПа и $\Delta t_p = 18^\circ\text{C}$.

Теоретические предпосылки и обоснование способа охлаждения. Результаты, полученные для частного случая (тара I-82-3000), на основании теории подобия могут быть обобщены и распространены на подобные системы при соблюдении условий однозначности (геометрическое соотношение, физические параметры, краевые условия: начальные и граничные). В качестве определяющего параметра для стеклянной тары типа I выбрано отношение

диаметра к высоте. В качестве критериев, характеризующих процесс теплообмена на поверхности тары, выбраны: относительная температура $\theta = \frac{t_n - t_0}{T_c - T_0}$ и критерий подобия $Bi = \frac{R \alpha}{\lambda}$ где, R - наружный радиус тары, λ - коэффициент теплопроводности стекла, α - коэффициент теплоотдачи.

Обработка результатов эксперимента в критериальной форме позволила получить зависимости, представленные на рис. I, которые с точностью до 7% описываются выражениями

$$\theta = 0,482 - \frac{100}{(320 - Bi)^2} \quad (4)$$

$$\sigma = 0,391 \cdot (\Delta T - 5) - \frac{250(\Delta T - 21)}{(322 - Bi)^2} \quad (5)$$

Из рис. I видно, что при значениях $Bi < 200$ (охлаждение погружением в воду и в воздушном потоке) функции θ и σ почти не зависят от критерия Bi и определяются, в основном, температурным напором

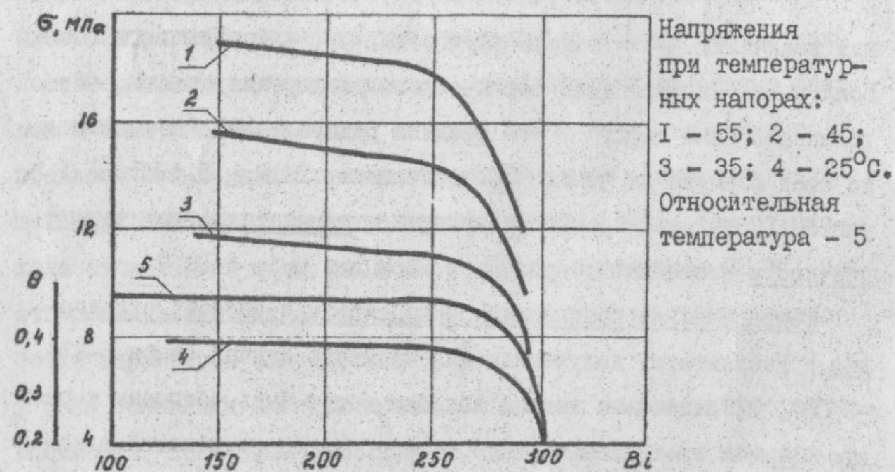


Рис. I. Влияние условий теплообмена на поверхности тары на напряжения и относительную температуру.

Исследованиями установлено, что для тары, заполненной горячим продуктом могут быть применены выражения, полученные на основе зависимостей 6 и 7, погрешность расчетов по которым составляет порядка 10%. Полученные формулы могут быть использованы для проверки уже известных способов охлаждения или при выборе новых.

Для случаев охлаждения в воздушном потоке или при погружении в воду, т.е. когда значения $Bi < 200$, предлагается применять простые зависимости: $\Delta t = 0,48 (T_0 - T_c)$ (6)
 $\sigma = 0,391 (T_0 - T_c - 5)$ (7)

Вычисленные значения сравниваются с величинами $\Delta t_p = 27 \pm 1,2^\circ\text{C}$ и $\sigma_p = 19 \pm 1,4 \text{ МПа}$, которые получены при разрушении тары.

Например, при охлаждении в воздушном потоке температурный напор $\Delta T = 70^\circ\text{C}$ ($T_0 = 95$ и $T_c = 25^\circ\text{C}$). В этом случае при расчете по формулам 6 и 7 в таре могут возникнуть температурные перепады порядка $33,6^\circ\text{C}$ и напряжения - 25,4 МПа, что вызовет разрушение тары. Экспериментально подтверждено, что при охлаждении в воздушном потоке со скоростью 6 м/с происходит разрушение тары, при котором $\Delta t = 35^\circ\text{C}$ и $\sigma = 27,5 \text{ МПа}$.

В случае охлаждения погружением в воду при $\Delta T = 35^\circ\text{C}$ ($T_0 = 95^\circ\text{C}$ и $T_c = 60^\circ\text{C}$), образуются $\Delta t = 16,8^\circ\text{C}$ и $\sigma = 11,7 \text{ МПа}$, которые значительно ниже границы разрушения стекла. Поэтому такие параметры воды можно применять, не опасаясь разрушения тары.

При охлаждении орошением водой значение критерия Bi изменяется от 200 до 300. Для таких способов охлаждения предлагается применять зависимости

$$t_0 - t_n = \Delta T \left[0,482 + \frac{100}{(320 - Bi)^2} \right] \quad (8)$$

$$= 0,391 (\Delta T - 5) + \frac{250(\Delta T - 21)}{(322 - Bi)^2} \quad (9)$$

Расчет показывает, что при орошении водой с $T_0 = 60^\circ\text{C}$ от $T_0 = 95^\circ\text{C}$ в таре могут образовываться температурные перепады до 26°C и напряжения до 18 МПа, что может вызвать разрушение стекла. Поэтому при охлаждении орошением температурный напор должен быть ниже 35°C .

При выборе нового способа охлаждения по формулам 8 и 9 определяли температурный напор, который удовлетворяет принятым показателям термической прочности. Расчет показывает, что этому условию отвечают в зависимости от интенсивности охлаждения температурные напоры порядка $25-30^\circ\text{C}$. Следовательно, от начальной температуры 95°C до конечной температуры воды 20°C ($\Delta T = 75^\circ\text{C}$), не опасаясь разрушения тары, можно охладить только за 3 приема ($75 : 25$), т.е. может быть применено 3-х ступенчатое охлаждение.

Из анализа выражения 9 можно сделать вывод, что при $T = 21^\circ\text{C}$ второе слагаемое обращается в нуль, что означает, что образующиеся в этом случае напряжения не зависят от критерия

Bi . Следовательно при $\Delta T < 21^\circ\text{C}$ возможна интенсивная подача теплоносителя, например, орошением. Поэтому, когда продукт только еще выходит из зоны пастеризации, на I ступени охлаждения принимаем температурный напор 20°C и охлаждение орошением, на II ступени - 30°C и на III - 25°C .

Время выдержки на каждой ступени было предварительно принято по 5 мин. Выяснение образующихся температурных перепадов и напряжений при таком способе охлаждения позволило установить время наступления максимума. С учетом релаксации напряжений до безопасного уровня 7 МПа был получен режим ступенчатого охлаждения

$\frac{2}{60^\circ\text{C}} \cdot \frac{4}{45^\circ\text{C}} \cdot \frac{12}{20^\circ\text{C}}$. Замена второй ступени воздухом сокращает расход воды, однако, в некоторых точках на поверхности тары на II и III ступенях охлаждения образуются на-

пряжения несколько превышающие принятые значения показателей термической прочности.

Для нахождения оптимальных параметров охлаждения с помощью планирования эксперимента была получена математическая модель процесса в виде неполных квадратичных уравнений регрессии. В качестве параметра оптимизации был принят перепад температур по толщине стенки, который измеряли в 5 точках вдоль образующей тары. Получено 21 уравнение регрессии, которые позволяют рассчитать место, величину и время наступления максимальных температурных перепадов, образующихся на каждой ступени комбинированного трехступенчатого охлаждения.

Оптимальные значения параметров охлаждения в исследованной области факторного пространства были получены при решении на ЭВМ задачи одномерной минимизации по методу Гаусса-Зейделя. В результате был подобран режим: на I ступени температура охлаждающей воды - 75°C при плотности орошения - $0,187 \text{ кг/м.с}$; на II ступени скорость воздуха не должна превышать $0,6 \text{ м/с}$, а на III ступени желательна плотность орошения холодной водой порядка $0,07 \text{ кг/м.с}$. Экспериментальная проверка подтвердила, что измеренные при таком способе охлаждения температурные перепады не превышают принятого $\Delta t_p = 18^\circ\text{C}$. Вычисленные по этим значениям Δt температурные напряжения и характер их распределения вдоль поверхности тары на каждой ступени охлаждения приведен на рис. 2.

На I и II ступенях охлаждения наибольшие напряжения образуются в точке дна, достигая своего максимума через 3,5 мин от начала процесса. К концу II ступени наименьшими являются напряжения, образующиеся в центре цилиндрической части, а наибольшими - в верхней части в месте перехода горловины в цилиндр, которые остаются преобладающими и в течение всей III ступени ох-

ладнения.

Время охлаждения от начала процесса, мин

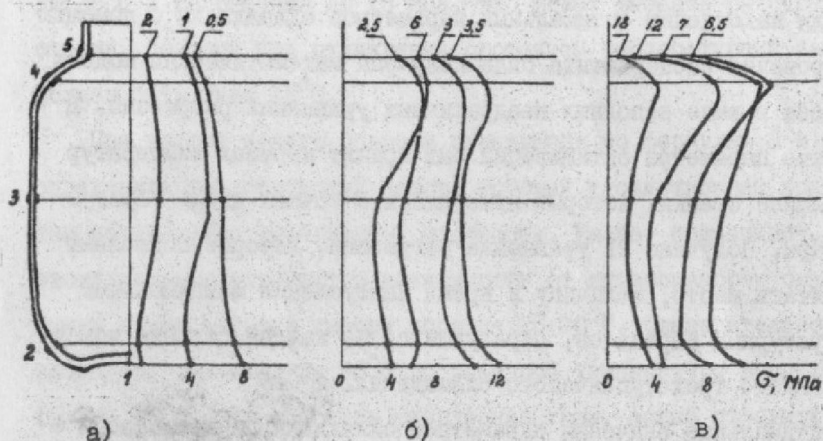


Рис. 2. Температурные напряжения в поверхностном слое тары при 3-х ступенчатом комбинированном охлаждении

- а) на I ступени б) на II ступени
в) на III ступени

Причина образования наибольших напряжений в различных частях тары выясняется при рассмотрении характера охлаждения в ней продукта, представленного на рис. 3.

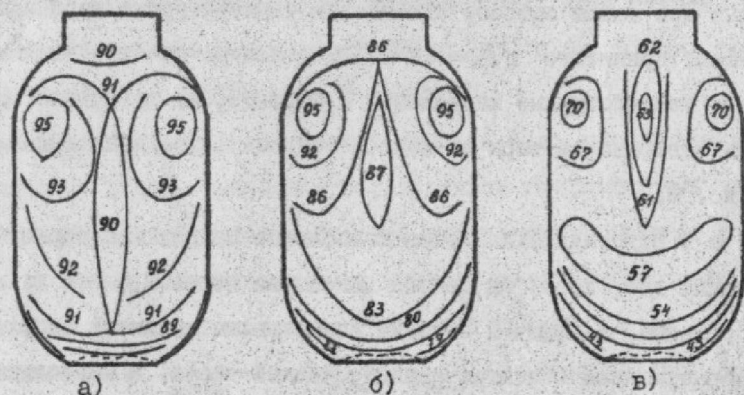


Рис. 3. Предполагаемая картина распределения температурных зон при 3-х ступенчатом комбинированном охлаждении

- а) после I ступени б) после II ступени в) после III ступени

Исследованиями установлено, что в первые моменты охлаждения, когда нижние слои продукта еще горячие, наибольшие напряжения образуются в самом толстом месте тары, т.е. у дна. По мере охлаждения пристенные слои продукта, охлаждаясь быстрее, как более тяжелые, опускаются вдоль стенки вниз, собираясь в боковой части дна, при этом вытесняют более нагретые слои вверх вдоль оси. Свежие порции охлажденного сока стремятся расположиться под предыдущим слоем. Наиболее высокую температуру до конца охлаждения сохраняет продукт, располагающийся в виде торроида, в верхней части тары в месте перехода горловины в цилиндр. Этим и объясняется образование наибольших напряжений в этой части тары к концу II и на III ступени охлаждения. Минимальную температуру в течение всего процесса охлаждения имеет продукт в боковой части дна, на стерилизующий эффект которого ориентировались при разработке режимов непрерывной пастеризации.

Научное обоснование режимов пастеризации. Исследованию подлежал принцип пастеризации, заключающийся в том, что продукт фасуют в тару при температуре его последующей выдержки, например, в потоке нагретого воздуха в течение определенного времени, после чего следует охлаждение консервов.

Избыточное давление в стеклянной таре при стерилизации ее в аппаратах открытого типа может быть рассчитано по известной формуле Б.Л.Флауменбаума
$$P_{и} = (0,1 - P_{II}') \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} + P_{II}'' - 0,1 \text{ МПа} \quad (10)$$
 Поскольку в данном случае T_2 - температура пастеризации и T_1 - температура при закатке равны друг другу, также как и соответствующие им упругости водяных паров P_{II}'' и P_{II}' , то в таре не должно возникать никакого избыточного давления (значение объемов паровоздушного пространства до стерилизации V_1 и при

тепловой обработке V_2 , также равны друг другу). Однако, как показали проведенные исследования, температура паровоздушного пространства банки при закатке, когда уже накрыта крышка, примерно на 5-15°C ниже температуры продукта. Эта разница зависит, прежде всего, от консистенции сока (натуральный или с мякотью), его температуры и степени наполнения. Все же, расчет показывает, что избыточное давление в таре при таком способе пастеризации не будет превышать 0,02-0,03 МПа, которое значительно ниже прочности укупорки стеклянной тары при температуре пастеризации. Поэтому, не опасаясь срыва крышек с консервов, процесс может быть реализован при атмосферном давлении, что и было подтверждено на практике как в лабораторных, так и производственных условиях.

При реализации рассматриваемого способа непрерывной пастеризации этап тепловой обработки представляет выдержку при постоянной температуре. В результате исследований установлено, что для предварительного расчета режимов пастеризации в этом случае может быть использована простая зависимость, связывающая время (τ) и температуру (K_p) выдержки с принятой нормой летальности (A_{80}^{15}): $A_H = \tau \cdot K_p$ (II). Из формулы (II) в зависимости от конкретных производственных задач, определяется либо продолжительность тепловой обработки, либо необходимый температурный уровень, скрытый в величине K_p ($K_p = \frac{I}{10 \frac{\tau_p - \tau_0}{\alpha}}$) (I2). Найденный таким образом режим пастеризации нуждается в корректировке, т.к. фактическая летальность в наиболее охлаждаемой точке продукта не должна быть ниже нормативного значения $A_{\Phi} \geq A_H$.

Для получения необходимых исходных данных (A_H) была проведена расшифовка проверенных многолетней практикой консервирования действующих режимов стерилизации в автоклавах неко-

торых плодовых соков с тем, чтобы полученные значения использовать в качестве нормативных. При изучении ориентировались на стерилизующий эффект в точке наихудшего теплопроникновения. Проведенными исследованиями установлено, что для тары разной вместимости эта точка располагается по оси на уровне 1/20 объема продукта в таре для виноградного, вишневого и яблочного натуральных соков, на уровне 1/6 - для вишневого и 1/4 - для сливового соков с мякотью. Для некоторых соков объем тары может влиять на местоположение точки наихудшего теплопроникновения.

Результаты определения фактической летальности позволили принять в качестве требуемой при изыскании режимов пастеризации для непрерывнодействующих аппаратов следующие значения: - для натуральных соков (виноградный, вишневый, яблочный) - 40 мин при эталонной температуре $T_3 = 80^\circ\text{C}$ и $\alpha = 15^\circ\text{C}$; - для соков с мякотью (вишневый, сливовый) - $A_{80} = 100$ усл.мин. Впоследствии эти нормы летальности вошли в "Основы единой методики разработки режимов стерилизации консервов".

Для абрикосового сока в соответствии с современными требованиями принята норма летальности $A_{90}^{10,1} = 72$ усл.мин. Для томатного сока необходима более жесткая тепловая обработка, предусматривающая высокотемпературную обработку в потоке до фасовки с последующей выдержкой укупоренного в тару продукта в непрерывнодействующем аппарате. На этап тепловой обработки уже укупоренного в тару продукта принято значение $A_{80}^{15} = 200$ усл.мин. (из томатов ручного сбора).

В пастеризаторе должны проходить тепловую обработку различные соки, отличающиеся по требуемой летальности. Поэтому из конструктивных соображений было решено варьировать температурным

Одесский институт пищевой промышленности им. С. Я. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

№ 0 14333

неизменным. Для натуральных соков была выбрана температура 85°C (максимальная при пастеризации в автоклаве), время обработки при которой составляет 18 мин. Расчет по формуле (II) показывает, что при 18-ти минутной выдержке температурный уровень для соков с мякотью должен быть не ниже 92°C, а для томатного и абрикосового соответственно - 96°C. Полученные таким образом режимы пастеризации являются ориентировочными и нуждаются в корректировке, поскольку не учитывают особенности охлаждения соков в таре разной вместимости.

Установление параметров пастеризации консервов в стеклянной таре в непрерывнодействующих аппаратах. Полученные в результате предварительных изысканий режимы пастеризации и охлаждения были откорректированы в лабораторных условиях. Фактическую летальность всего процесса рассчитывали по наиболее охлаждаемой точке продукта. Корректировку режима проводили в случае, если оказывалось, что фактический стерилизующий эффект был ниже принятых значений, добиваясь $A_{\phi} \geq A_n$. Увеличение значений летальности производили либо за счет повышения температурного уровня процесса, либо - путем удлинения времени выдержки.

Корректировку режимов пастеризации при уточнении температуры процесса осуществляли по формуле

$$K_{A_2} = \frac{A_n - A_{\phi}}{\tau} + K_{A_1} \quad (I3)$$

где: K_{A_1} и K_{A_2} - переводные коэффициенты, соответствующие температурам фасовки до и после корректировки; τ - время выдержки при постоянной температуре K_{A_1} .

При корректировке времени выдержки при постоянной температуре фасовки (K_A) применяли выражение

$$\tau_2 = \frac{A_n - A_{\phi}}{K_A} + \tau_1 \quad (I4)$$

где: τ_1 и τ_2 - время выдержки до и после корректировки.

В результате проведенной корректировки оказалось, что режимы пастеризации для одного и того же сока в таре вместимостью от 3000 до 200 мл незначительно отличаются друг от друга. Поэтому для удобства использования в производственных условиях время выдержки в аппарате может быть округлено и принято по наибольшим режимам для тары вместимостью 200 мл. Таким образом, для одного и того же типа сока в таре вместимостью от 3000 до 200 мл может быть применен один режим. Полученные после округления режимы пастеризации и охлаждения представлены в таблице.

Режимы пастеризации и охлаждения в непрерывнодействующих аппаратах

№ пп:	Наименование сока	Температура фасовки °C	Режим пастеризации	Летальность, усл. мин.
1.	Виноградный, вишневый и яблочный натуральные	87	$\frac{20}{87^{\circ}\text{C}}$ $\frac{2}{65^{\circ}\text{C}}$ $\frac{4}{(\text{возд})}$ $\frac{12}{20^{\circ}\text{C}}$	A_{15}^{80} 42 - 48
2.	Вишневый и сливовый с мякотью и сахаром	93	$\frac{20}{93^{\circ}\text{C}}$ $\frac{2}{75^{\circ}\text{C}}$ $\frac{4}{(\text{возд})}$ $\frac{12}{20^{\circ}\text{C}}$	A_{15}^{80} II5-I33
3.	Абрикосовый с мякотью и сахаром	97	$\frac{20}{97^{\circ}\text{C}}$ $\frac{2}{75^{\circ}\text{C}}$ $\frac{4}{(\text{возд})}$ $\frac{12}{20^{\circ}\text{C}}$	$A_{10, I}^{90}$ 74 - 79
4.	Томатный (после высокотемпературной обработки в потоке) из томатов ручной уборки	97	$\frac{25}{97^{\circ}\text{C}}$ $\frac{2}{75^{\circ}\text{C}}$ $\frac{4}{(\text{возд})}$ $\frac{12}{20^{\circ}\text{C}}$	A_{15}^{80} 235-257

На основании результатов исследований было составлено техническое задание на проектирование непрерывнодействующего пас-

теризатора-охлаждителя, по которому конструкторами кафедры "Детали машин" Одесского технологического института пищевой и холодильной промышленности были выполнены техническая документация и рабочие чертежи двух аппаратов, по которым были изготовлены и смонтированы пастеризаторы на Исфаринском и Красноярском консервных заводах. Успешно проведенные испытания этих аппаратов позволили внедрить их в производство. Экономический эффект от внедрения одного аппарата составляет 25 тыс.руб. в год.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны и научно обоснованы параметры непрерывной пастеризации жидких и пюреобразных продуктов в стеклянной таре в аппаратах, работающих при атмосферном давлении. В соответствии с этим процессом консервы термостатируют при температуре их фасовки в течение времени, необходимого для достижения требуемой летальности, а затем подвергают многоступенчатому охлаждению.

2. Параметры этапа пастеризации (выдержки при постоянной температуре) могут быть определены на основании зависимости $A_H = K_A \cdot \tau$ между требуемой летальностью A_H , временем тепловой обработки τ и переводным коэффициентом K_A , являющимся функцией температуры пастеризации.

3. Корректировка параметров процесса непрерывной пастеризации может осуществляться либо по температуре процесса -

$$K_{A_2} = \frac{A_H - A_{\phi}}{\tau} + K_{A_1}, \text{ либо по времени выдержки в аппарате } - \tau_2 = \frac{A_H - A_{\phi}}{K_A} + \tau_1$$

4. Обобщение средних значений летальности проверенных многолетней практикой режимов пастеризации позволило предложить следующие нормы стерилизующего эффекта A_{80}^{15} : для натуральных

соков (виноградный, вишневый, яблочный) - 40 усл.мин.; для фруктовых соков с мякотью (вишневого, сливового) - 100 усл.мин.

5. В основу выбора способа охлаждения положено понятие о показателях термической прочности стеклянной тары. Для исключения термического боя температурные перепады по толщине стенки тары не должны превышать 18°C и температурные напряжения - 13 МПа.

6. При охлаждении в воздушном потоке или путем погружения в воду ($Bi < 200$) температурный напор не должен превышать 36°C .

Температурные перепады можно рассчитать по выражению

$$t_{\phi} - t_H = 0,48 (T_0 - T_c), \text{ а напряжения по формуле } \sigma = 0,391 \times (\Delta T - 5).$$

7. При охлаждении орошением ($200 < Bi < 300$) значение температурного напора снижается до 25°C ($Bi = 300$). Для расчета температурных перепадов можно использовать зависимость $t_{\phi} - t_H = \Delta T \times \left[0,482 + \frac{100}{(320 - Bi)^2} \right]$, а для напряжений $\sigma = 0,391 \times (\Delta T - 5) + \frac{250 (\Delta T - 21)}{(322 - Bi)^2}$.

8. С учетом релаксации образующихся в стеклянной таре температурных напряжений предложен способ комбинированного трехступенчатого охлаждения по схеме: "вода-воздух-вода". Параметры хладоагентов получены при решении уравнений регрессии при минимизации Δt . На I ступени температура воды 65°C (натуральные соки) или 75°C (соки с мякотью) поддерживается 2 мин при плотности орошения $0,187 \text{ кг/м.с}$. На II ступени - скорость воздушного потока не должна превышать $0,635 \text{ м/с}$ в течение 4 мин, а на III ступени плотность орошения холодной водой составляет $0,07 \text{ м/с}$ в течение 12 мин.

9. На основании технического задания конструкторами разработана техническая документация и рабочие чертежи двух непре-

ривнодействующих пастеризаторов-охладителей разной производительности. Один аппарат производительностью 210 банок в час вместимостью 2000 мл смонтирован на консервном заводе в г. Исфаре Таджикской ССР и в 1971г. внедрен в производство. Второй - производительностью 940 банок вместимостью 3000 мл установлен на консервном заводе в с. Красный Яр Астраханской области и с 1972г. работает в технологической линии.

Годовой экономический эффект от внедрения одного аппарата составляет 25 тыс.руб.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Флауменбаум Б.Л., Тельных Э.Я. Непрерывнодействующий пастеризатор для фруктовых соков с мякотью, расфасованных в крупную тару. - Реф.информ. о законченных науч.-исслед. работах в вузах УССР. Пищ. пром-сть, Киев, 1968, вып. 3, с. 32-33.

2. Тельных Э.Я. Режимы непрерывной стерилизации фруктовых соков. - В кн.: Тез.докл. Всесоюз.межвуз.конф. "По термическим методам обработки при консервировании пищевых продуктов", 1-4 окт. 1969. Одесса, 1969, с. 54.

3. Тельных Э.Я. Опыт внедрения непрерывнодействующего воздушного пастеризатора с комбинированным охлаждением фруктовых и томатного соков. - В кн.: Тез.докл. Всесоюз.науч.-техн.конф. по вопросам теории и практики стерилизации и пастеризации пищевых продуктов. Одесса, 1975, с. 116.

4. Научное обоснование и пути интенсификации процесса стерилизации консервов. /Б.Л.Флауменбаум, М.Е.Валяевская, В.Н.Стожук, Л.А.Терлецкая, Э.Я.Тельных, А.А.Титова. - В кн.: Итоги науч.исследований Кишинев.политехн.ин-та им. С.Лаза за 1973г.: (Тез.докл. X науч.-техн.конф.) Кишинев, 1974, с. 217.

5. Тельных Э.Я. О термостойкости стеклянной тары и температурных напряжениях. - Изв. вузов. Пищ.технология, 1977, №3, с.58.

6. Тельных Э.Я., Флауменбаум Б.Л. Охлаждение томатного сока в стеклянной таре в непрерывнодействующих пастеризаторах. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1978, 6, с. 13.

7. Тельных Э.Я., Деревянко П.Ф. Оптимизация трехступенчатого охлаждения соков в стеклянной таре в непрерывнодействующем пастеризаторе. - Изв. вузов. Пищ. технология, 1980, № 5, с.130.

8. Тельных Э.Я. Особенности охлаждения томатного сока в стеклянной таре в непрерывнодействующих пастеризаторах. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1981, № 12, с. 36.

9. Тельных Э.Я. Особенности охлаждения соков в стеклянной таре в непрерывнодействующих пастеризаторах. - В кн.: Тез.докл., представленных на Всесоюз. науч.-техн.конф. по вопросам теории и практики стерилизации и пастеризации пищевых продуктов. Махачкала, 1981, с. 95.